

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-077003

(43)Date of publication of application : 07.04.1988

(51)Int.CI. G02B 5/18

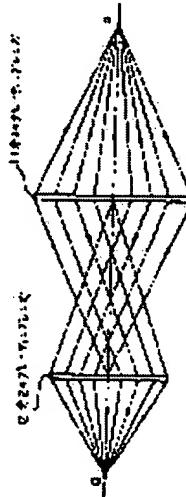
(21)Application number : 61-220870	(71)Applicant : FUJITSU LTD
(22)Date of filing : 20.09.1986	(72)Inventor : KATO MASAYUKI MAEDA TOMOJI YAMAGISHI FUMIO IKEDA HIROYUKI INAGAKI YUSHI

(54) GRATING LENS OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize the wide practical use of a grating lens by providing two in-line type grating lenses with a specific frequency distribution, making two light beams which are symmetrical about on optical axis cross each other in the space between both lenses, and converging them each on one point.

CONSTITUTION: A 1st in-line type grating lens 11 diffracts light with wavelength λ at a larger angle than light with wavelength λ_0 ($\lambda_0 < \lambda$), and those diffracted light beams both cross the optical axis and then reach a 2nd in-line type grating lens 12. The arrival points of those light beams are on the same radius having its center on the optical axis and the distance of the light with the wavelength λ from the optical axis is larger than that of the light with the wavelength λ_0 . Then those light beams are diffracted by the 2nd in-line type grating lens 12, but the light with the wavelength λ is diffracted by the larger angle than the light with the wavelength λ_0 , so the interval between those light beams narrows down gradually and they cross each other at one point Q eventually. Consequently, the stable focus position which never deviates from a specific point is obtained and the practical use in various



⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開
⑪ 公開特許公報 (A) 昭63-77003

⑤Int.Cl.
G 02 B 5/18

識別記号 庁内整理番号
7529-2H

⑬公開 昭和63年(1988)4月7日

審査請求 有 発明の数 1 (全10頁)

④発明の名称 グレーティングレンズ光学系

⑦特 願 昭61-220870

⑧出 願 昭61(1986)9月20日

⑨発明者 加藤 雅之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑨発明者 前田 智司 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑨発明者 山岸 文雄 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑨発明者 池田 弘之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑩出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑪復代理人 弁理士 大賀 義之

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

グレーティングレンズ光学系

2. 特許請求の範囲

1) コヒーレント光源から発せられた発散球面波光が入射する第1のインライン型グレーティングレンズ(11)と、

該第1のインライン型グレーティングレンズを透過した回折光を所定の1点に集束させる第2のインライン型グレーティングレンズ(12)とを同一光軸上に備えたグレーティングレンズ光学系であって、

前記第1のインライン型グレーティングレンズは、前記光軸に関して回転対称の所定の空間周波数分布を有し、前記光軸に関して対称な任意の2点からの回折光を前記光軸上で交差させて前記第2のインライン型グレーティングレンズに入射させることと、

前記第2のインライン型グレーティングレンズ

は、前記光軸に関して回転対称の所定の空間周波数分布を有し、前記交差した回折光を前記所定の1点に集束させることとを特徴とするグレーティングレンズ光学系。

2) 前記第1、第2のインライン型グレーティングレンズの空間周波数分布はいずれも、平面波を集束させるインライン型グレーティングレンズの空間周波数分布に、レンズ中心とレンズ外周との間で極大値を持つ軸対称の空間周波数分布を加え合わせた分布であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のグレーティングレンズ光学系。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

本発明は、発散球面波光を2つのインライン型グレーティングレンズを用いて1点に集束させるグレーティングレンズ光学系であって、上記2つのインライン型グレーティングレンズに所定の周波数分布を持たせて、両レンズ間の空間で光軸に関して対称な2光線を交差させ、これを1点に集めることと、

束させるようにしたことにより、入射光の波長変動に対しても、収差のない良好なビームスポットと、ずれのない安定した焦点位置を得ることができるようにし、従ってグレーティングレンズの幅広い実用化を可能にしたものである。

(産業上の利用分野)

本発明は、グレーティングレンズを組み合わせて集束機能を持たせたグレーティングレンズ光学系に関する。

昨今、コヒーレント光源からの発散球面波光を1点に集束させる機能を必要とする光学系、例えば光ディスク装置の光ヘッド等においては、(i) 装置の小型化、(ii) アクセス時間の短縮化、

(iii) 低価格化等を実現するためには、従来の光学素子と比較して薄型、軽量、小型かつ量産性に富むグレーティングレンズの使用が検討されている。

(従来技術)

従来のインライン型グレーティングレンズを第

て集束性能が劣化するとともに、レンズの種類によっては焦点位置もずれてしまうという性質を持っている。

(発明が解決しようとする問題点)

光ディスク装置の光ヘッドにおいては、コヒーレント光源として半導体レーザを用いている。半導体レーザには、一般に単一モードレーザと多モードレーザとがあり、その発振波長の様子をそれぞれ第11図(a), (b)に示した。従来の一般的な光ヘッドでは、通常の光学レンズを用いているため、レーザ光の波長変化によっては光ディスクに対する読み取り、書き込み等に影響するようなビームスポット変化は生じない。よって、上記単一モードレーザと多モードレーザのいずれも使用可能である。これに対して、光ヘッドに従来のグレーティングレンズを用いようとした場合は、上述したように波長変化による影響が大きいので、単一モードの半導体レーザしか使用できない。

ところが、単一モードの半導体レーザであって

特開昭63-77003 (2)

8図に示す。このレンズは、同図(b)に示すように、例えはある特定の波長 λ_0 の平行光束のみを1点に集束させる機能を有している。そのため、上記 λ_0 よりも長い波長 λ ($> \lambda_0$) の光に対しては、同図(b)に示すように収差が発生し、良好な集束性能が得られなくなる。また、 λ_0 よりも短かい波長に対しても、同様に収差が発生する。

このような現象は、光を回折により曲げるレンズにおいて共通で、例えば第9図に示す球面型ホログラムレンズ(同図(a))、表面レリーフ型グレーティングレンズ(同図(b))、ブレーズ化グレーティングレンズ(同図(c))のいずれにおいてもあてはまる。また、第10図に示すようなオフアクシス型グレーティングレンズの場合は、同図(b)に示すように波長が λ_0 のときに無収差であっても、波長が変化すると同図(b)に示すように、収差が発生するばかりでなく、焦点が光軸からずれてしまう。

このようにグレーティングレンズは、使用波長が所定の値(λ_0)からずれると、収差が発生し

も、その発振波長が温度に応じて変化するという特性を持っている。第12図に、単一モード半導体レーザにおける発振波長とケース温度との関係(ただし、レーザ出力は一定条件下)を示す。同図に明らかなように、(i) 波長が温度変化とともに徐々に連続して変化する、(ii) ある温度 t_1 で不連続的に波長が変化する(以下、モードホップと称する)、(iii) ある温度 t_2 においては2つ以上の波長が存在する、といった現象が存在する。

従って、グレーティングレンズを用いた光ヘッドにおいては、たとえ単一モードの半導体レーザを光源として使用した場合であっても、その温度が変化した時には、上記の現象により波長も変化するため、グレーティングレンズによる集光スポット品質が劣化し、しかも焦点位置も変化してしまう場合もある。これらのこととは、光ディスク媒体上におけるスポットのビーム径拡大、トランクずれの発生、フォーカスずれの発生等につながる。特に、第12図に示したモードホップによって波長が変化した場合は、その変化が不連続的である

ため、現状のサーボ機構では全く追従できないという問題がある。

そのため、外部に温度調整機能を設けて半導体レーザの温度を適切値に維持しようとする試みもあるが、光ディスクに対する書き込み時と読み取り時とでは半導体レーザの駆動電流が異なるので、ジャンクション部の温度が急激に変化してしまい、よって外部の温度調整機構では精度よく制御することはできない。

そこで、半導体レーザの波長変化に対する対応策として、波長が変化しても光ディスク上のスポットが変化しないようなグレーティングレンズ光学系が提案された（特開昭59-160166）。その構成を第13図に示す。この光学系は、2枚のオフアクシス型グレーティングレンズ1、2をその光軸を互いにずらして配置した構成であり、光を上記グレーティングレンズ1、2でジグザグに回折させて、光の波長変化によるそれぞれの回折角変動を互いに相殺しようとしたものである。しかし、このような構成においても、グレーティングレン

特開昭63-77003 (3)

ズに特有の収差と焦点位置ずれ（第10図参照）による影響が現れ、光ヘッドに要求される補償量（トラックずれ $\pm 0.02\mu m$ 、フォーカスずれ $\pm 0.2\mu m$ ）を実現することが出来ない。なお、2枚のグレーティングレンズ1、2間の距離Dをほぼゼロとすることにより、トラックずれを補償することは出来るようになるが、フォーカスずれを $\pm 0.2\mu m$ に抑えることが出来ない（例えば作動距離1.8mmの場合、波長が1nm変化すると、6μmのフォーカスずれが生じる）。これらのことから、上記グレーティングレンズ光学系を光ヘッドの光学系として実用化することは不可能である。

本発明は、上記問題点に鑑み、入射光の波長変動に対しても、収差の生じない良好なビームスポットと、所定点からずれることのない安定した焦点位置を得ることが出来、従って光ディスク装置の光ヘッドを初めとする各種分野への応用を可能にするグレーティングレンズ光学系を提供することを目的とする。

（問題点を解決するための手段）

本発明のグレーティングレンズ光学系は、コヒーレント光源から発せられた発散球面波光が入射する第1のインライン型グレーティングレンズと、これを透過した回折光を所定の1点に集束させる第2のインライン型グレーティングレンズとを同一光軸上に配置したものであって、第1、第2のインライン型グレーティングレンズはいずれも光軸に関して回転対称な所定の空間周波数分布を有し、第1のインライン型グレーティングレンズが光軸に関して対称な任意の2点からの回折光を光軸上で交差させ、第2のインライン型グレーティングレンズがこの交差した回折光を上述した所定の1点に集束させるようにしたものである。

〔作用〕

上記構成において、第1のインライン型グレーティングレンズの任意の1点に同一方向から入射した、互いに異なる波長 λ_0 、 λ ($\lambda_0 < \lambda$) の2つの光の進路を考えてみる。まず、第1のイン

ライン型グレーティングレンズによって、波長 λ_0 の光は波長 λ_0 の光よりも大きな角度で回折されるとともに、これらの回折光はいずれも光軸と交わった後に、第2のインライン型グレーティングレンズ上に到達する。これらの光の到達点は、光軸を中心とした同一半径上にあって、しかもその光軸からの距離は波長 λ_0 の光の方が波長 λ の光よりも遠い。次に、これらの光は上記第2のインライン型グレーティングレンズによって回折されるが、この時、波長 λ_0 の光が波長 λ の光よりも大きな角度で回折されるので、2つの光の間隔は次第に狭まっていき、最終的には1点で交わる。よって、2つのインライン型グレーティングレンズに所定の空間周波数分布を持たせておくことにより、上記2つの光の交わる点を上記光軸上の所定の1点に置くことができる。

以上のこととは第1のインライン型グレーティングレンズのどの点に入射した光についても言うことが出来、しかも上記空間周波数分布は光軸に関して回転対称としてあるので、入射した発散球面

特開昭63-77003 (4)

波光はその波長が変化したとしても、光軸上の上記所定の1点に集束され、従って収差や焦点位置ずれが生じることはなくなる。

(実施例)

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。

第1図は、本発明の一実施例を示す構成図である。本実施例は、第1、第2のインライン型のグレーティングレンズ11、12を同一光軸(一点鎖線)上に配置した構成であり、光軸上の点P

(コヒーレント光源)から発散する球面波を第1のグレーティングレンズ11で光軸側に回折させ、光軸と一旦交差させた後に、第2のグレーティングレンズ12によって光軸上の所定の点Qに集束させるようにしたものである。

上記第1のグレーティングレンズ11は、光軸に関して回転対称の所定の空間周波数分布を有しており、光軸に関して対称な任意の2点からの回折光が光軸上で交差するようにしてある。また、

上記第2のグレーティングレンズ12は、光軸に関して回転対称の所定の空間周波数分布を有しており、上記交差した回折光が光軸上の1点(点Q)に集束するようにしてある。

次に、上記グレーティングレンズ11、12の空間周波数分布の具体的な決定方法について、第2図を用いて以下(i)～(iv)で述べる。なお、点Pとグレーティングレンズ11との距離を ℓ_1 、2つのグレーティングレンズ11、12間の距離をd、グレーティングレンズ12と点Qとの距離を ℓ_2 とする。

(i) まず、点Pを発してグレーティングレンズ11の最外周の点R₁に達する、波長 λ_0 の光線を考える。この光線は、点R₁で回折され、グレーティングレンズ12の中心の点r₁(=0)に達し、ここで更に回折されて点Qに達するものとする(第2図中の実線a)。すると、上述した光路(P→R₁→r₁→Q)を仮定することにより、点R₁、r₁における空間周波数F₁₁、F₁₂が決定される。

(ii) 次に、波長が λ_0 から λ_1 (> λ_0)に変わった場合について考える。点Pから点R₁へと進んだ波長 λ_1 の光線は、点R₁において、波長が λ_0 のときよりも大きな角度で回折され、グレーティングレンズ12上の点r₂に達する(破線b)。ここで、波長が λ_1 であるときでも点Qに集束するという条件から、点r₂における空間周波数f₂が決定される。

(iii) 波長が λ_1 の場合に戻り、点r₂で回折されて点Qに達する光線がグレーティングレンズ11上のどこの点から来るのかを逆に求めることができる(実線c)。そのグレーティングレンズ11上の点をR₂とすると、点R₂での回折光が点Pに達するという条件から、点R₂における空間周波数F₂₁が決定される。

(iv) 再び波長が λ_1 になった場合を考え、上記(ii)と同様にしてグレーティングレンズ12上の点r₃(不図示)とその空間周波数f₃を求める。そして波長を λ_0 に戻し、上記(iii)と同様にしてグレーティングレンズ11上の点R₃(不

図示)とその空間周波数F₃₁を求める。このようにして点R_n(n=1, 2, 3, ...)がグレーティングレンズ11の中心に達するまで上記(ii)及び(iii)の過程を繰り返すことにより、グレーティングレンズ11、12における半径方向の空間周波数分布が決定される。なお、第2のグレーティングレンズ12の径は、点r_nの位置で決定される。

以上のようにしてグレーティングレンズ11、12の空間周波数分布を決定することにより、点Pから発した光が、基準となる波長 λ_0 とは異なる波長 λ_1 であっても、これを無収差で点Qに集束させることができるものである。

第3図に、以上のようにして決定されたグレーティングレンズ11、12の具体的な空間周波数分布を示す。これは、 $\ell_1 = 8\text{ mm}$, $d = 10\text{ mm}$, $\ell_2 = 3.4\text{ mm}$, $\lambda_0 = 830\text{ nm}$, $\lambda_1 = 830.3\text{ nm}$ とした場合における、グレーティングレンズ11、12の半径方向に沿ったそれぞれの空間周波数F₁₁, F₁₂の計算結果である。なお、波長差 $\lambda_1 - \lambda_0 =$

特開昭 63-77003 (5)

0.3nm は、半導体レーザの 1 モード分に相当する。ここで、 $\lambda_0 = 830\text{nm}$ を固定し、 λ を種々の値に変えて空間周波数分布を計算すると、 $\lambda = \lambda_0 \pm 5\text{ nm}$ の場合においても結果は第 3 図とほぼ完全に一致することがわかった。このことから、 $\lambda_0 = 830\text{ nm}$ 及び $\lambda = 830.3\text{nm}$ に対して空間周波数分布を決定すれば、 $\lambda = 830 \pm 5\text{ nm}$ の光に対しても無収差となり、しかも焦点位置ずれがなくなる。また、 d の値をもっと短くすれば、更に大きな波長の光に対しても同様な効果が得られる。例えば $d = 5\text{ mm}$ とすると、 $\lambda = 830 \pm 7\text{ nm}$ の光に対して無収差となる。

次に、上述したような空間周波数分布を持つグレーティングレンズ 1 1, 1 2 の特徴を、第 4 図～第 6 図を用いてより明確にする。

まず第 4 図に示すように、グレーティングレンズ 1 1, 1 2 の回折機能を、それらの間側と球面波側とに分割して考える。するとグレーティングレンズ 1 1, 1 2 は、光軸方向に進む平面波によって、それぞれ等価的に 2 つのグレーティングレ

ンズ 1 1 a, 1 1 b; 1 2 a, 1 2 b に分割することが出来る。それとともに、空間周波数においても F, f がそれぞれ $F_a, F_b; f_a, f_b$ に分割され、 $F = F_a + F_b, f = f_a + f_b$ なる関係が成り立つ。ここで、グレーティングレンズ 1 1 a, 1 2 a は、平面波を 1 点に集束させるインライン型のグレーティングレンズであって、第 8 図に示した従来のものと同等である。これに対しもう一方の側のグレーティングレンズ 1 1 b, 1 2 b では、その空間周波数 F_b, f_b が、第 5 図に示すようにレンズ中心とレンズ外周との間の領域に極大値 (MAX) を持つ特殊な分布を有している。

これらのことから、グレーティングレンズ 1 1, 1 2 の特徴は第 6 図に示すように説明できる。すなわち、平面波を集束させるインライン型のグレーティングレンズ 1 1 a, 1 2 a の空間周波数分布に、レンズ中心とレンズ外周との間で極大値を持つ軸対称の空間周波数分布 (グレーティングレンズ 1 1 b, 1 2 b の空間周波数分布) を補償要

素として加え合せたものが、それぞれグレーティングレンズ 1 1, 1 2 の空間周波数分布であると言える。

そこで、本実施例のグレーティングレンズ光学系の波長変動補償効果を確認するために、第 2 図において $\ell_1 = 8\text{ mm}, \ell_2 = 3.4\text{ mm}, d = 5, 10, 20\text{ mm}$ とし、半導体レーザ光の波長を 830nm からずらしたときに発生する収差を波面収差の RMS 値で表わしてみた。その結果を第 7 図に示す。なお、グレーティングレンズ 1 1, 1 2 は、波長 830nm と 830.3nm の波長に対して無収差となるように、それら空間周波数分布を決定した。

第 7 図において、実用上無収差とみて差し支えない基準として Marechal's Criterion (RMS 波長収差 $< 0.07\lambda$) を考えると、許容波長変動範囲が得られる。 $d = 5\text{ mm}$ とした場合は少なくとも $830 \pm 7\text{ nm}$, $d = 10\text{ mm}$ では $830 \pm 6\text{ nm}$, $d = 20\text{ mm}$ では $830 \pm 4\text{ nm}$ の波長変動に対してビームスポット品質を維持できることを示している。なお、焦点位置ずれは無い。

これらの結果から、本実施例によれば、半導体レーザの温度変化に伴う波長変化、モードホップ、更には多モードレーザに対しても、良好なビームスポット及び安定な焦点位置を得ることが出来、よってグレーティングレンズの例えは光ヘッド等への実用化を現実のものとすることが出来る。また、半導体レーザの出力光強度がガウス分布を有する場合、従来の光学レンズ系では集束された光もガウス分布を持つのに對し、本実施例で集束された光は非常に均一性の良い光強度分布を持つため、微小スポットを得るにあたって有利であると言いうことができる。

本発明に係るグレーティングレンズの作成方法としては、電子ビーム描画法によるものが最も確実であり、空間周波数の計算値をデータとして入力すれば、所望のグレーティングレンズが作成できる。この場合、グレーティングのブレーザ化を行うことにより、グレーティングレンズの効率を一層高めることが出来る。また、所望の波面を光学素子で作り出すことにより、ホログラフィック

特開昭63-77003 (6)

に作成することも可能である。この場合は、2つのレンズ間の距離 d を小さくとって空間周波数帯域を高くすることにより、レンズの効率を高めることが出来る。

なお、本発明のグレーティングレンズ光学系は、光ディスク装置の光ヘッドにのみ適用されるものではなく、コヒーレント光源からの発散球面波光を1点に集束させる機能を必要とする各種の光学系に適用され得るものである。

(発明の効果)

本発明のグレーティング光学系によれば、収差の生じない良好なビームスポットと、所定点からされることのない安定した焦点位置を得ることができ、従って、光ディスク装置の光ヘッドを初めとする各種分野への実用化が可能になった。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す構成図、

第2図は同実施例に係るグレーティングレンズ

示す図、

第12図は単一モード半導体レーザにおける発振波長の温度依存性を示す図、

第13図は従来のグレーティングレンズ光学系を示す構成図である。

11···第1のインライン型のグレーティングレンズ、

12···第2のインライン型のグレーティングレンズ。

11, 12の空間周波数の決定方法を示す図、

第3図は第2図に示した方法で得られたグレーティングレンズ11, 12の半径方向の空間周波数分布の一例を示す図、

第4図は上記実施例における空間周波数分布特性の説明図、

第5図は第4図に示したグレーティングレンズ11b, 12bの空間周波数分布の一例を示す図、

第6図は第4図に示したグレーティングレンズ11, 12の空間周波数分布の特徴を示す図、

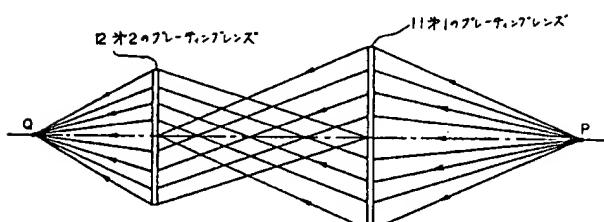
第7図は上記実施例におけるRMS波面収差と半導体レーザ波長との関係を示す図、

第8図(a)及び(b)は従来のインライン型グレーティングレンズの機能及びその欠点を示す図、

第9図(a)~(c)は従来の各種のグレーティングレンズを示す概略構成図、

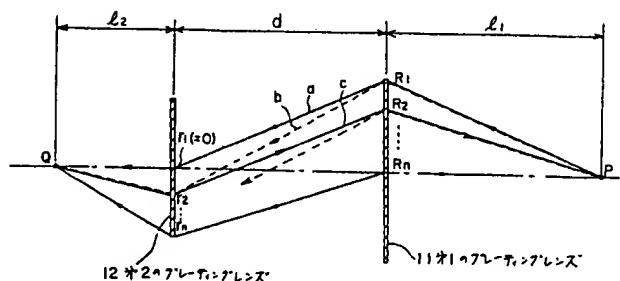
第10図(a)及び(b)は従来のオフアクシス型グレーティングレンズの機能及びその欠点を示す図、

第11図(a), (b)はそれぞれ単一モード半導体レーザと多モード半導体レーザの発振波長の様子を



本発明の一実施例

第1図

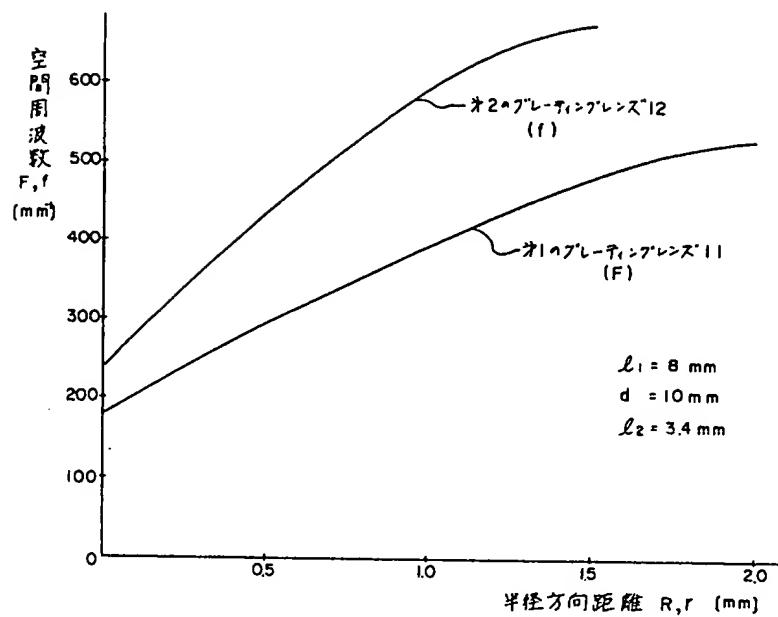


オ1, オ2のグレーティングレンズ11, 12の空間周波数の決定方法

第2図

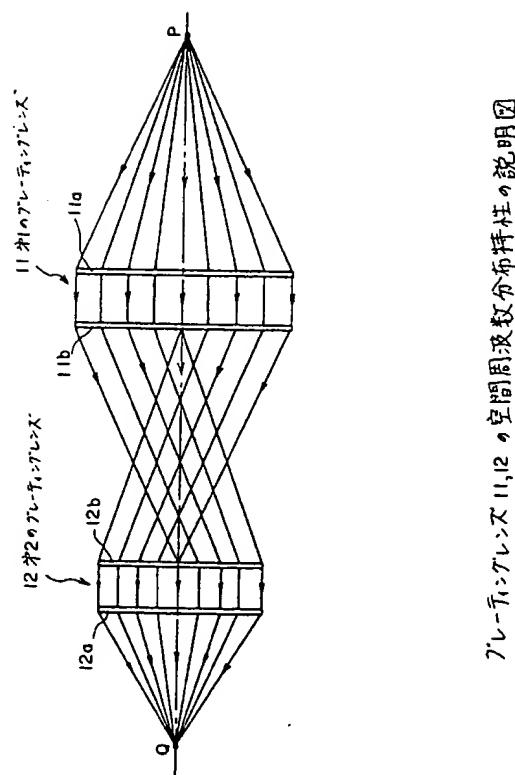
特許出願人 富士通株式会社

特開昭63-77003(7)



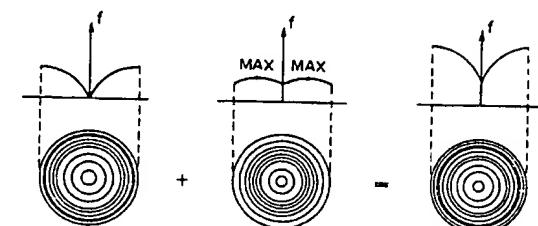
グレーティングレンズ 11, 12 の半径方向の空間周波数分布の一例

第3図



グレーティングレンズ 11, 12 の空間周波数分布特性の説明図

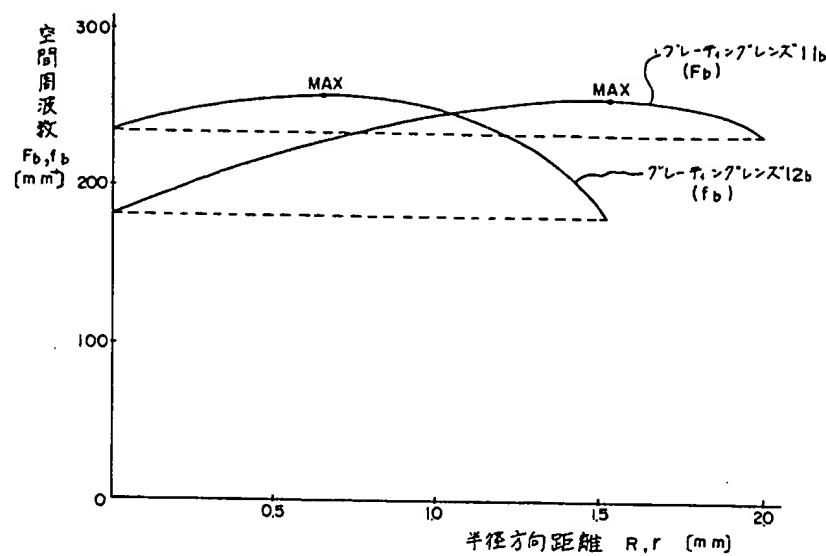
第4図

グレーティングレンズ 11a, 12a (従来のインライン型グレーティングレンズ)
グレーティングレンズ 11b, 12b (補償要素)
グレーティングレンズ 11, 12

グレーティングレンズ 11, 12 の特徴

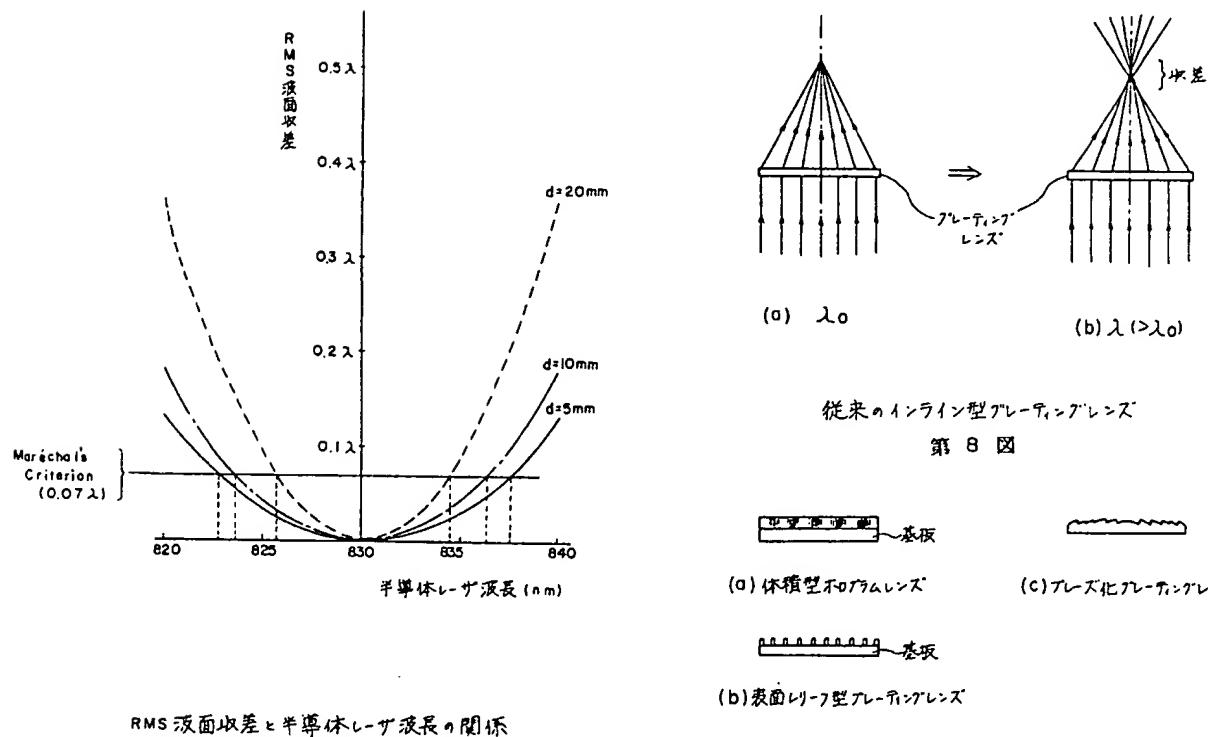
第6図

特開昭63-77003(8)



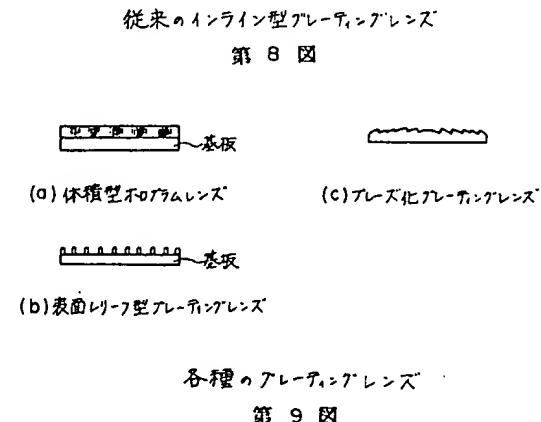
フレーティングレンズ 11b, 12b の空間周波数分布の一例

第5図



RMS 液面収差と半導体レーザ波長の関係

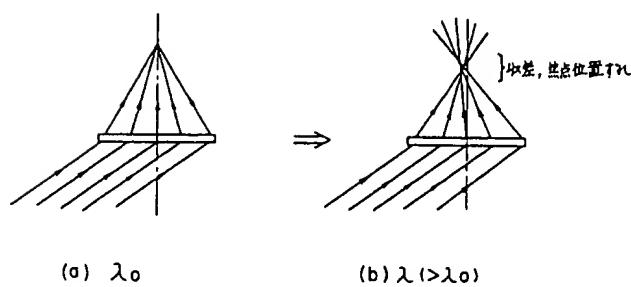
第6図



各種のアレーティングレンズ

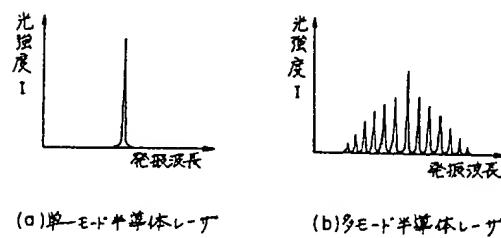
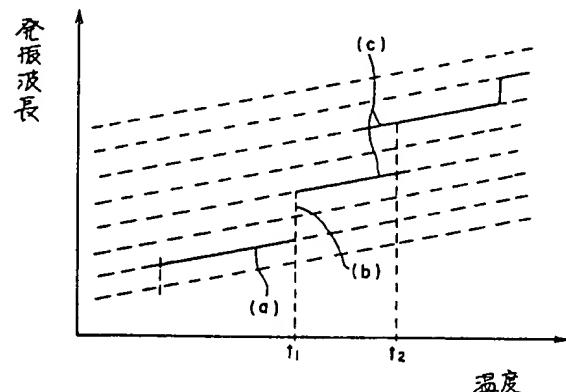
第7図

特開昭63-77003 (9)



従来のオフアシス型フレーティングレンズ

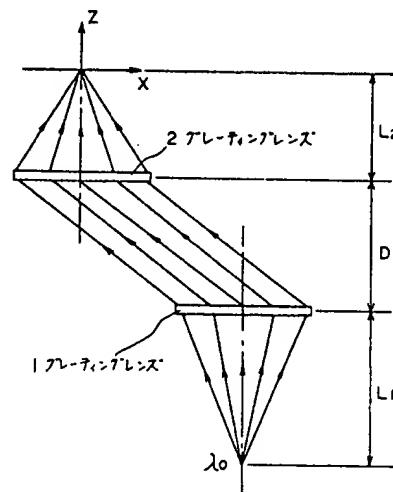
第 10 図

単一モード半導体レーザにおける発振波長の
温度依存性

半導体レーザの発振波長

第 11 図

第 12 図



従来のフレーティングレンズ光学系

第 13 図

特開昭63-77003 (10)

第1頁の続き

②発明者 稲垣 雄史 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内